

Energias Renováveis e Segurança Hídrica: a energia termossolar como alternativa para a dessalinização da água do mar no Norte da África e Oriente Médio

Renewable Energies and Water Security: Thermo Solar Energy as an Alternative for Seawater Desalination in North Africa and the Middle East

Luiz Enrique Vieira de Souza*

Leila da Costa Ferreira**

* Pós-doutorando em Sociologia Ambiental na School of Electrical Engineering,
Beijing Jiaotong University, Beijing, China.
End. Eletrônico: lenriquesol@yahoo.com.br

**Professora Titular da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Instituto de Filosofia e Ciências Hu-
manas (IFCH/Unicamp), Campinas, São Paulo, Brasil.
End. Eletrônico: leilacf@unicamp.br

doi:10.18472/SustDeb.v7n1.2016.15660

Recebido em 02.07.2015

Aceito em 19.02.2016

ARTIGO - VARIA

RESUMO

Os fenômenos associados às mudanças climáticas, com os prognósticos de crescimento econômico e aumento populacional, tendem a agravar a escassez de água que afeta a quase totalidade dos países do Norte da África e do Oriente Médio. Com base em uma análise crítica do relatório "ACQUA-CSP", discutiremos as iniciativas destinadas a mitigar o estresse hídrico nessas regiões, com especial ênfase para os processos de dessalinização da água do mar. O argumento principal consistirá em apontar o uso da energia termossolar enquanto estratégia sustentável para o aumento do fornecimento de água, uma vez que as usinas de dessalinização atualmente operantes funcionam com base no uso de combustíveis fósseis. A conclusão salientará que para uma gestão exitosa dos recursos hídricos, as soluções de engenharia e infraestrutura devem ser orientadas por instituições democráticas capazes de mediar os conflitos pela alocação dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Segurança Hídrica. Mudanças Climáticas. Dessalinização. Tecnologia CSP. Eficiência Alcativa.

ABSTRACT

Climate change-related events, added to estimations about economical and population growth – tend to aggravate water scarcity, which is already affecting almost every country in the North of Africa and the Middle East. Based on a critical analysis of the “ACQUA-CSP” report, we discuss the initiatives devoted to the mitigation of water stress in these regions, with an emphasis on the seawater desalination processes. Since existing desalination plants are currently powered by fossil fuels, the use of thermo solar energy will be introduced as a sustainable strategy for the increase of water supply. We conclude that, in order to achieve the successful management of water resources, engineering and infrastructure solutions must be oriented by democratic institutions able to mediate conflicts over the allocation of water resources.

Keywords: Water Security. Climate Change. Desalination. CSP Technology. Allocative Efficiency.

1 INTRODUÇÃO: UM PANORAMA DO “STRESS HÍDRICO” NO NORTE DA ÁFRICA E ORIENTE MÉDIO

A etimologia da palavra “rival” deriva do latim *rivalis*, que se referia originalmente aos grupos que disputavam a água de rios ou correntes. Dado que o acesso a um patamar mínimo de recursos hídricos é uma condição necessária não apenas ao florescimento econômico e cultural de uma sociedade, mas o requisito primeiro do qual depende a própria manutenção biológica de seus integrantes, defrontamo-nos, ao longo da história, com uma profusão de circunstâncias em que o controle da água assumiu um caráter estratégico. Não por acaso, o poder de dispor sobre os recursos hídricos mostrou-se particularmente conflitivo naquelas áreas do planeta onde a água aparece como um bem escasso.

Embora seja um tema de importância mundial, a “crise da água” assume proporções mais dramáticas nas regiões em que as atividades humanas acarretam a poluição dos rios e aquíferos, ou naquelas onde a relação entre o fator demográfico e o volume de água potável conforma uma situação de “stress hídrico”. Levando-se em consideração que o Oriente Médio e o Norte da África contam com apenas 0,7% da água potável do mundo e que as taxas de crescimento populacional ali registradas são muito superiores à média internacional, existem motivos concretos para que se encarem com preocupação os alertas quanto ao recrudescimento da competição por água, inclusive os cenários que apontam para o desdobramento militar da hidropolítica nessa porção do globo (BAKIR, 2001; GLEICK, 1993).

A percepção de que estamos a discorrer sobre uma região sem paralelo em termos de “insegurança hídrica” confirma-se pelo fato de que, entre os 20 países mais afetados pela escassez de água em todo o mundo, nada menos do que 14 localizam-se nos territórios áridos e semiáridos do Oriente Médio e Norte da África. Ao sul do Mediterrâneo, apenas Iraque, Irã, Síria e Líbano encontram-se acima do “limiar de pobreza hídrica”¹, estabelecido como um mínimo anual per capita de 1000 metros cúbicos. Em 2010, oito países sofriam ali de “stress hídrico absoluto”, cenário caracterizado por disponibilidade de água inferior a 500 metros cúbicos por pessoa ao ano, sendo que Argélia, Jordânia e Palestina representam situações-limite em que a média de consumo não alcança sequer a média de 200 metros cúbicos por habitante (WORLD BANK, 2012; DLR, 2007).

Do ponto de vista ambiental, a gravidade da escassez reflete-se na superexploração dos reservatórios de “água fóssil”². Isso porque as populações locais recorrem sistematicamente à água subterrânea para contornar os deficits hídricos – estratégia que acarreta a depleção dos

aquíferos e pode levar à contaminação por água salgada em virtude da diminuição do nível dos reservatórios. Na Jordânia, o bombeamento de poços chegou a diminuir o fluxo de água dos rios Yarmouk e Zarqa, trazendo prejuízos para a fauna e flora do entorno de suas bacias (TRIEB; NOKRASCHY, 2008; CEDARE, 2006). Já do ponto de vista sociopolítico, a “crise da água” enquadra-se no modelo teórico conhecido como “tragédia dos comuns”, pois, em vez de uma postura cooperativa que permita o gerenciamento sustentável de um bem escasso, as partes envolvidas não raramente buscam reservar para si a maior quantidade de recursos hídricos em detrimento de seus vizinhos, incorrendo assim em uma atitude predatória que desencadeia novos conflitos ou acirra as animosidades preexistentes (HARDIN, 1968).

Os inúmeros registros acerca da competição por água potável atestam que as disputas podem ser travadas entre diferentes grupos no interior de uma mesma nação ou transbordar as fronteiras dos Estados, de modo que os desacordos relativos ao uso da água podem tanto restringir-se ao plano local quanto ganhar a dimensão de impasse diplomático prenhe de consequências geopolíticas. No entanto, seja qual for a amplitude desses antagonismos, eles trazem consigo o risco de que a competição por um bem vital escasso degenere em conflito armado. Um exemplo que corrobora essa afirmação pôde ser observado nos arredores da cidade de Taiz, no Iêmen, onde uma alteração entre dois vilarejos sobre as prerrogativas de uso da água estendeu-se por quatro anos e resultou na morte de cinco pessoas³.

Por outro lado, as reivindicações conflitantes quanto à alocação do volume de água dos rios que cortam os territórios de vários países levam os governos a enquadrar o gerenciamento dos recursos hídricos como um problema de “segurança nacional”. O Oriente Médio e o Norte da África possuem três rios internacionais cruciais para o desenvolvimento econômico de diferentes povos e que têm sido fonte de embates diplomáticos e militares: Nilo, Tigre-Eufrates e Jordão.

Embora atravessasse nove países ao longo de seus 6.650 km, apenas Egito e Sudão chegaram a um entendimento mínimo sobre as águas do Nilo. A discrepância salta aos olhos quando se tem em mente que 97% do Nilo serve às necessidades da população egípcia, ao passo que a Etiópia, onde se localizam as fontes que abastecem 86% do Nilo, não consegue alocar água em quantidade suficiente para irrigar suas lavouras e com isso garantir a segurança alimentar de seus mais de 80 milhões de habitantes. A explicação para que essa contradição perdure sem que haja uma declaração de guerra contra o Egito reside no fato de que nenhum dos países prejudicados encontra-se à altura dos egípcios em termos militares (KISER, 2000; LONERGAN, 1997).

A resistência da Síria e do Iraque aos projetos desenvolvidos pela Turquia desde os anos 1950 a montante dos rios Tigre-Eufrates indica, por seu lado, que desavenças em torno da alocação das águas de rios internacionais podem sofrer uma amplificação quando conjugadas a pendências de outras ordens. Inicialmente, os protestos dos governos sírio e iraquiano foram motivados pelos planos de desenvolvimento no sudeste da Anatólia, onde os turcos pretendiam construir 22 barragens que viabilizariam grandes empreendimentos de irrigação e energia. Síria e Iraque alegaram, então, que as intervenções da Turquia diminuiriam não somente o fluxo, mas também a qualidade das águas do Tigre-Eufrates que eles entendiam caber-lhes por direito. Essa questão arrastou-se por décadas, pois a aprovação popular a tais projetos transformou-os em pré-requisito para o sucesso eleitoral dos partidos políticos na Turquia. Além disso, a elaboração de um acordo entre as partes viu-se dificultada pela confusão entre gerenciamento de recursos hídricos e questões étnicas. Os turcos procuraram desqualificar a demanda de seus oponentes argumentando que, especialmente no caso da Síria, o problema da água não era senão uma fachada que encobria o apoio logístico à causa dos separatistas curdos (ÇARKOGLU; EDER, 2001).

No entanto, talvez não haja exemplo mais nítido de como o tema da “segurança hídrica” pode provocar uma escalada militar do que o conflito árabe-israelense. Mesmo que se trate de um intrincado problema envolvendo diferenças religiosas, étnicas, territoriais, geopolíticas e econô-

micas, é fato que a importância estratégica do controle sobre a bacia do Rio Jordão dificultou enormemente o andamento das negociações de paz. Mais do que isso, tornou-se recorrente entre especialistas o uso da expressão “imperativo hidráulico” para explicar as ações militares de Israel na Jordânia, Líbano, Síria e Cisjordânia em prol do controle dos recursos hídricos para o desenvolvimento de sua economia, em particular da irrigação de seus empreendimentos agrícolas no deserto de Negev (SANDERS, 2008).

Com base em sua imensa superioridade militar, Israel adotou uma política bastante contraditória na solução das disputas pelos recursos hídricos da região, baseando-se no conflito armado para reagir às obras de engenharia hidráulica planejadas por seus vizinhos – como construção de barragens e desvio de rios – e apoiando-se também na força para implementar aquelas obras que garantiriam a irrigação de suas próprias plantações ou a expansão de seus assentamentos na Cisjordânia (WOLF, 1995). A ocupação das Colinas de Golã, na Síria, a invasão do Líbano motivada pelo controle do Rio Litani e os atritos com a Jordânia pelas águas do Yarmouk ilustram, assim, uma concepção de “segurança hídrica” como “jogo de soma zero”, que lança por terra os critérios referenciados nos princípios de cooperação, além de reforçar aqueles aspectos emocionais que impõem obstáculos ao entendimento mútuo.

Considerando-se, portanto, as tensões que envolvem a escassez de água no Oriente Médio e Norte da África, o eixo das reflexões que serão apresentadas ao longo das páginas seguintes consiste na avaliação de possíveis saídas para o déficit hídrico nessas regiões. A procura por soluções racionais que evitem o colapso baseia-se na constatação de que a persistência do cenário business as usual no campo das práticas e tecnologias empregadas para o gerenciamento hídrico tende a agravar ainda mais a falta de água. Isso porque as consequências das transformações sociais que se desenham para as próximas décadas, associadas aos prognósticos das mudanças climáticas, indicam a conformação do cenário mais temido pelos formuladores de políticas públicas, isto é, aumento da demanda por água com a diminuição dos recursos hídricos naturais (SADOFF; MULLER, 2010; DLR, 2007).

Na próxima seção, apresentaremos uma definição para o conceito de “segurança hídrica” e uma série de medidas racionais para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos. Essas intervenções consistem em uma série de medidas técnicas para a equação do problema da falta de água no Oriente Médio e Norte da África, tendo em vista os impactos das mudanças climáticas e a pressão de fatores socioeconômicos em relação à oferta desse bem escasso. Ao longo da seção três, discutiremos com mais detalhes as possíveis simbioses entre energias renováveis e segurança hídrica, enfatizando a importância estratégica da energia termossolar enquanto uma alternativa sustentável para a dessalinização da água do mar. Essa proposta constituirá o núcleo argumentativo deste artigo, de modo que na seção quatro nos dedicaremos a uma apresentação das tecnologias que viabilizam o processo de dessalinização, assim como uma avaliação de seus impactos ambientais.

Nossa pesquisa embasou-se na leitura de uma série de artigos e relatórios técnicos escritos com o propósito de fundamentar as políticas públicas para a segurança hídrica ao sul do Mediterrâneo. Ao final desse levantamento, verificamos que o estudo “ACQUA-CSP”, conduzido pelo Centro Aeroespacial Alemão (DLR) e publicado em 2007, comportava uma análise abrangente e baseada em princípios de cooperação internacional para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos. Por essas razões, a análise desse estudo de viabilidade servirá de fio condutor para a apresentação de nossos argumentos. No entanto, nossas conclusões apontam para uma incorporação crítica das propostas desenvolvidas pelo Centro Aeroespacial Alemão, na medida em que sua abordagem possui um viés “tecnicista” que desconsidera a importância do fortalecimento institucional e da participação democrática para o aumento da resiliência social e para a implementação de medidas adaptativas que respondam aos prognósticos de acirramento da escassez de água nessas regiões.

2 SOLUÇÕES RACIONAIS PARA A MITIGAÇÃO DO STRESS HÍDRICO À LUZ DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DA PRESSÃO DOS FATORES SOCIOECONÔMICOS SOBRE A DEMANDA POR ÁGUA

Desde meados dos anos 1990, o conceito de “segurança hídrica” foi objeto de discussões entre especialistas de diferentes áreas do conhecimento e submetido a controvérsias e revisões (COOK; BAKKER, 2012). Ao longo deste artigo, deixaremos de lado as versões mais restritas e antropocêntricas que definem segurança hídrica com foco na quantidade disponível de água para usos humanos e suas interconexões com o conceito de “segurança alimentar”, em favor de uma perspectiva mais abrangente que inclua preocupações relativas à qualidade da água, saúde humana e resiliência dos ecossistemas. A solução oferecida pela Parceria Global da Água (GWP) contempla essas dimensões na medida em que define segurança hídrica – seja no âmbito local ou global – como os “meios para que cada pessoa tenha direito à água potável a preços acessíveis para uma vida limpa, saudável e produtiva – ao mesmo tempo em que se garanta a proteção e melhoria do ambiente natural” [(VAN BEEK; ARRIENS, 2014), tradução minha].

Paralelamente, a noção de “gestão integrada dos recursos hídricos” deve ser entendida como a dimensão operacional do conceito de “segurança hídrica” e levar em conta não apenas uma avaliação criteriosa do presente, mas também do futuro a longo prazo, especialmente tendo-se em vista os prognósticos relativos às mudanças climáticas (SADOFF; MULLER, 2010). Segundo as conclusões do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), os fatores climáticos devem sofrer alterações radicais no Oriente Médio e Norte da África. De modo geral, projeta-se um aumento das temperaturas médias que ocasionará uma maior demanda evapotranspirativa. Em combinação com esses fenômenos, o decréscimo esperado nas taxas de precipitação tornará ainda mais severa a escassez de água nessas regiões. Ali, a média dos recursos hídricos renováveis equivalia, entre 2000 e 2009, a 250 quilômetros cúbicos, mas as previsões indicam uma queda de 0,6 quilômetro cúbico por ano até 2050 (DROOGERS *et al.*, 2012; IPCC, 2007).

Presentemente, a demanda por água das populações do Oriente Médio e Norte da África já supera a oferta de recursos hídricos renováveis em cerca de 20%, e as estimativas apontam que esse gap quintuplicará até 2050 (IPCC, 2007). As principais responsáveis pelo agravamento desses balanços hídricos serão as transformações socioeconômicas, pois o aumento vertiginoso da demanda será impulsionado pelos saltos demográficos e pela aceleração da atividade industrial. Na metade do século, a região abrigará uma quantidade de pessoas cerca de duas vezes maior do que o número de habitantes registrado no ano 2000. Os maiores incrementos em termos proporcionais serão verificados na Península Arábica, onde a curva ascende dos atuais 50 milhões para 130 milhões de habitantes em 2050 (UN, 2013).

Além disso, os prognósticos econômicos assinalam mudanças na grandeza e na composição do Produto Interno Bruto (PIB). Caso as projeções do Banco Mundial se confirmem, o PIB da região saltará dos correntes US\$ 1,6 trilhão para US\$ 19 trilhões em 2050 e, embora uma parcela desse ganho advenha da produção de bens imateriais, é inegável que a economia continuará a ter uma dimensão material que impactará sobre o consumo de água. Mesmo com os ganhos de eficiência que se deseja alcançar nesse intervalo, o consumo hídrico do setor industrial chegaria a 41 quilômetros cúbicos por ano, duas vezes o volume de água consumido em 2010 (WORLD BANK, 2012).

Cabe ainda sublinhar que uma parcela cada vez mais significativa da população viverá em cidades⁴, onde o estilo de vida baseia-se em práticas e modos de consumo que requerem usos mais intensivos da água. Por isso, fazem-se necessários instrumentos de monitoramento ambiental para que a aceleração do metabolismo econômico não acarrete a produção de um maior volume de substâncias poluentes, que contaminariam as reservas de água, tal como se verificou em repetidos exemplos de processos de industrialização.

Um critério racional para a gestão integrada dos recursos hídricos é o que prevê a combinação sequenciada de intervenções múltiplas, segundo a qual as primeiras medidas a serem levadas a cabo são justamente aquelas que demandam menos custos financeiros e que produzem o mínimo de impactos ambientais. Por isso, não obstante o foco dos argumentos subsequentes seja avaliar os potenciais das usinas termossolares para a dessalinização da água do mar no Norte da África e Oriente Médio, entende-se que tal medida seja tratada como ultima ratio, pois não seria razoável investir enormes somas para construí-las sem que antes fossem tomadas providências para assegurar ganhos de eficiência que minimizem os desperdícios contabilizados (TRIEB, 2008; JOBSON, 1999).

Vale lembrar que as perdas no fornecimento municipal e industrial encontram-se, no Oriente Médio e Norte da África, muito acima das médias internacionais. Tomados em conjunto, os países da região desperdiçam algo entre 30% e 50% da água consumida pelas residências e indústrias, ao passo que já existem tecnologias que permitem uma redução das perdas físicas a 10% do total (TRIEB, 2009). Também é fundamental que as melhores práticas disponíveis sejam implantadas na agricultura, pois esse setor responde por nada menos do que 88% do consumo de água das populações em questão. Os governos locais poderiam, então, criar uma rede de comunicação meteorológica que ajudasse os agricultores a integrar os dados de temperatura e índices pluviométricos ao sistema de irrigação de suas lavouras. Suporte técnico de engenheiros-agrônomos permitiria ainda definir a quantidade ótima de recursos hídricos e o grau de salinidade da água de acordo com a especificidade de cada variedade cultivada.

Outra abordagem destinada a melhorar os balanços hídricos do setor agrícola é aquela vinculada à “eficiência alocativa” das plantações. Trata-se de um procedimento racional que orienta a seleção dos cultivos, de forma que a decisão sobre o que plantar é realizada com base na tentativa simultânea de maximizar o retorno econômico e minimizar o dispêndio de água. Em vez de plantarem melões (consumo intensivo de água e baixo valor de mercado), os agricultores optariam pelo cultivo de flores e vinhos (baixo consumo de água e alto valor de mercado)⁵. De acordo com essa lógica, seria mais razoável que as variedades de alimentos que demandam grande volume de irrigação fossem importadas daqueles países onde a escassez de água não é uma questão premente. No entanto, iniciativas dessa natureza precisam levar em consideração fatores de ordem cultural, pois, além da busca por uma relativa independência alimentar, diversas comunidades atribuem grande valor simbólico à produção de certas culturas intensivas do ponto de vista do consumo hídrico, como os cereais e, mais particularmente, o trigo (JOBSON, 1999; GLEICK, 1993).

Aproveitar ao máximo os recursos hídricos escassos significa também assegurar que os dejetos sejam propriamente tratados para que uma parcela da água consumida possa ser reutilizada. Mesmo quando o grau de pureza da “água de reúso” não seja apropriado para o consumo humano, ela pode ser aproveitada para a refrigeração de equipamentos industriais, por exemplo. Calcula-se que a adoção da “água de reúso” representaria uma economia de 50% no consumo doméstico e industrial (TRIEB, 2009; DLR, 2007).

Apesar da abrangência dessas medidas, o estudo “ACQUA-CSP” concluiu que elas não são suficientes para responder às crescentes pressões por recursos hídricos ao sul do Mediterrâneo. Em vista desses limites, a próxima seção apresentará a dessalinização da água do mar enquanto aspecto complementar, e as alternativas do ponto de vista energético para que esse procedimento seja efetuado de acordo com critérios de sustentabilidade.



3 O USO DA ENERGIA TERMOSSOLAR COMO ESTRATÉGIA SUSTENTÁVEL PARA A DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA DO MAR

De acordo com uma pesquisa realizada pelo Centro Aeroespacial Alemão (DLR) sobre a questão hídrica no Oriente Médio e Norte da África, a implementação das medidas discutidas no tópico anterior acarretaria uma economia anual de 50 bilhões de metros cúbicos. No entanto, mesmo levando-se em conta os consideráveis ganhos previstos nesse cenário de extrema eficiência, os países da região ainda padeceriam, em 2050, de um déficit de 100 bilhões de metros cúbicos ao ano (DLR, 2007). Em vista disso, o DLR conclui que os governos locais serão compelidos, em maior ou menor grau, a recorrer aos processos de dessalinização da água do mar para equacionar o problema da falta de água em seus respectivos países:

Nossa análise mostra claramente que medidas para incrementar a eficiência do uso e distribuição da água são vitais para a região, mas insuficientes para cobrir a crescente demanda de maneira sustentável. A situação no Oriente Médio e Norte da África depois de 2020 irá tornar-se insuportável se contramedidas adequadas não forem iniciadas a tempo. O recurso a fontes de água novas e não convencionais será imperativo, e a dessalinização da água do mar via energia solar concentrada é a única opção tangível que pode lidar seriamente com a magnitude desse desafio [(DLR, 2007, p. 5), tradução nossa].

Na realidade, a dessalinização da água do mar em larga escala é uma alternativa que remonta à década de 1970. Metade da capacidade instalada desde então se localiza no Oriente Médio, sendo que pelo menos três quartos da água consumida no Bahrein, Kwait, Qatar e Emirados Árabes Unidos são fornecidos por usinas de dessalinização (WORLD BANK, 2012). Por razões que a essa altura já serão óbvias ao leitor, Oriente Médio e Norte da África são as porções do globo onde se espera o crescimento mais acelerado no futuro próximo de empreendimentos voltados para a transformação da água salgada em recurso potável.

Admitindo-se que a dessalinização da água do mar assumirá cada vez mais importância enquanto política pública, o foco das atenções desloca-se, então, para as fontes de energia que garantirão o funcionamento dessas usinas. A Arábia Saudita queima diariamente cerca de 1,5 milhão de barris de petróleo para assegurar a produção de eletricidade e água potável. Conforme a demanda por água aumentar, esse número pode subir para 8 milhões de barris, caso medidas de eficiência não forem implementadas (DAMERAU *et al.*, 2011; LAMEI *et al.*, 2008). Outros países, como Líbia e Argélia, também são fortemente dependentes dos processos de dessalinização e recorrem a fontes de energia convencionais para satisfazer o abastecimento de água.

Contudo, não há como negar que a dessalinização via combustíveis fósseis acarreta consequências desastrosas tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental e, por conseguinte, representa uma falsa solução para a escassez de água. A primeira objeção reside no fato de que petróleo e gás natural são recursos finitos que a sociedade industrial absorve com irrefletida voracidade. Isso significa que, mesmo com períodos eventuais de baixa, o preço dessas commodities tenderá a subir vertiginosamente e o abastecimento se tornará paulatinamente mais irregular. Já o segundo problema refere-se à incongruência entre o uso intensivo de combustíveis fósseis e a urgência da redução da emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa. No cenário business as usual, a obtenção de água potável implicaria um enorme acréscimo ao volume de emissões de CO₂⁶ e catalisaria as mudanças climáticas já em curso.

Uma vez que os riscos associados à energia nuclear também são incompatíveis com os pressupostos ambientais, conclui-se que a única alternativa sustentável para viabilizar a dessalinização da água do mar seria garantindo que a energia consumida nesse processo advenha de fontes limpas e renováveis. Com efeito, as energias maremotriz e eólica indicam caminhos ecologicamente adequados para o fornecimento da eletricidade necessária aos procedimentos de dessalinização (HE; YAN, 2009; LINDEMANN, 2004). No entanto, a abundância de irradiação solar nos

desertos do Oriente Médio e Norte da África, assim como as vantagens associadas à tecnologia termossolar (possibilidade de armazenamento para os dias de céu nublado ou período noturno, por exemplo), levaram os cientistas do Centro Aeroespacial Alemão à conclusão de que as tecnologias CSP despontam como a opção mais racional para alimentar as usinas de dessalinização:

Uma usina termossolar de 200 MW com 7.500 horas de operação com carga máxima ao longo do ano sob as condições econômicas e meteorológicas de Dubai, por exemplo, forneceria aproximadamente 1,5 bilhão KWh/ano de eletricidade e 60 milhões m³ de água potável ao custo de aproximadamente 0,043€/Kwh e 1,30€/m³, respectivamente. Isso seria água suficiente para 50 mil pessoas e eletricidade para 250 mil pessoas” [(TRIEB *et al.*, 2002, p. 42), tradução nossa].

Esses estudos serviram como base para que uma rede internacional de cientistas criasse, em 2009, a Desertec Foundation, cujo intuito é estimular simbioses entre as iniciativas voltadas para a “segurança hídrica” e o aproveitamento dos recursos de energia renovável das regiões desérticas (AQUA-CSP). A ideia central do “projeto Desertec” para a região do Mediterrâneo consiste, desde então, na instalação de usinas termossolares nos países do Oriente Médio e Norte da África. Além de responder à crescente demanda energética desses países, a tecnologia CSP ensinaria a cooperação com os países europeus, que importariam uma parcela da energia limpa produzida ao sul do Mediterrâneo como estratégia para atingirem suas metas de redução das emissões de carbono. A outra faceta do “projeto Desertec” estaria, portanto, direcionada à instrumentalização da tecnologia CSP em favor da mitigação do stress hídrico nessas regiões de acordo com uma estratégia em que o aumento da oferta de água fosse obtido com o menor prejuízo ambiental (TRIEB *et al.*, 2009; DLR, 2007).

A próxima seção será dedicada a uma breve apresentação dos mecanismos tecnológicos que viabilizariam a dessalinização da água do mar com base no aproveitamento de energia termossolar. Os aspectos tecnológicos serão analisados em função de seus impactos ambientais e das intervenções capazes de mitigar os prejuízos ecológicos do processo de dessalinização.

4 MECANISMOS TECNOLÓGICOS DAS USINAS DE DESSALINIZAÇÃO E UMA AVALIAÇÃO DE SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

Inicialmente, o objetivo do Centro Aeroespacial Alemão consistiu em definir, entre os diversos métodos de dessalinização existentes, quais os mais apropriados para os contextos do Oriente Médio e Norte da África. Mesmo sublinhando a relevância daquelas tecnologias que permitem abordagens descentralizadas e em pequena escala, o foco do DLR concentrou-se nos métodos de dessalinização térmica e mecânica que produzem grandes volumes de água potável. As intervenções descentralizadas revelam-se especialmente apropriadas para atender às necessidades de pequenas comunidades que habitam as regiões de difícil acesso e menor infraestrutura. No entanto, a seleção tecnológica do DLR restringiu-se àqueles procedimentos que seriam capazes de responder à demanda hídrica dos grandes centros urbanos e que, além disso, pudessem efetivamente funcionar de maneira combinada com as usinas de energia termossolar.

A tecnologia de dessalinização mais difundida ao redor do mundo, e particularmente no Oriente Médio, é a denominada Multi-Stage Flash Desalination (MSF). Em 2007, 58% da capacidade instalada mundialmente consistia em aplicações do método MSF, sendo que Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos e Kwait ainda figuram como alguns dos países que mais lançam mão desse recurso tecnológico (DROOGERS *et al.*, 2012; LAMEI *et al.*, 2008). Apesar disso, os responsáveis pelo estudo do DLR avaliaram que o MSF não seria a melhor alternativa para as futuras usinas de dessalinização, pois os desenvolvimentos recentes no campo das técnicas de dessalinização

tornaram o consumo de energia dos métodos conhecidos como Multi-Effect Desalination (MED) e Reverse Osmosis (RO) consideravelmente menos intensivo que o processo MSF.

Assim como o MSF, o arranjo Multi-Effect Desalination funciona como um processo de destilação térmica. Trata-se de um circuito de tubos, no qual a água do mar é lançada inicialmente a uma temperatura de 70°C. A cada estágio, uma parcela da água evapora e o vapor assim obtido é utilizado para diminuir a temperatura de evaporação no estágio seguinte. As diferenças de temperatura e pressão entre os estágios tornam o processo mais econômico em termos energéticos e também operam o bombeamento da água condensada e do sal para fora do sistema, nos respectivos locais onde são coletados (DLR, 2007).

Ao contrário das técnicas MSF e MED, no procedimento de “osmose reversa” a dessalinização da água do mar não é obtida por meio da destilação. Ela ocorre graças a uma membrana que é permeável à água, mas retém os íons salinos. Em vez de consumir energia na forma de calor, a RO baseia-se no consumo de eletricidade para submeter a solução salina a uma pressão maior que a pressão osmótica do próprio soluto. A quantidade de eletricidade envolvida nesse processo aumenta conforme o grau de salinidade da água, característica que favorece a utilização da RO no tratamento de água salobra, mas que encarece o produto final se aplicada a águas que possuem alto grau de salinidade, como o Mar Vermelho, por exemplo (ELIMELECH; PHILLIP, 2011).

Ao fim e ao cabo, a pesquisa do DLR indicou que a combinação CSP/MED garante uma performance técnica ligeiramente superior em relação ao sistema CSP/RO. Essa pequena vantagem deve-se ao fato de que uma parte da energia utilizada no processo de destilação provém do “calor residual” oriundo do próprio funcionamento da usina termossolar. Assim, embora o consumo de energia primária e os custos associados à RO sejam inicialmente menores do que na dessalinização via MED, a possibilidade de acoplar esta última diretamente às usinas CSP reduziria o consumo do método de destilação, ao mesmo tempo em que diminuiria também a energia necessária para os mecanismos de resfriamento das usinas CSP⁷. De qualquer forma, tanto MED quanto RO são tecnologias comercialmente competitivas e ambas podem beneficiar-se do dinamismo das pesquisas voltadas, por um lado, para a maximização dos ganhos de eficiência e, por outro lado, para a redução dos custos financeiros e dos impactos ambientais (WORLD BANK, 2012; DLR, 2007).

Ao avaliar as modalidades de tecnologia CSP que já se encontram suficientemente maduras para uso comercial, o Centro Aeroespacial Alemão tomou como referência as versões “calha parabólica” e “Linear Fresnel” para a configuração do cenário “AQUA-CSP”. Apesar da maior experiência acumulada com as “calhas parabólicas”, os sistemas “Linear Fresnel” revelam-se atualmente mais promissores, pois seu formato demanda menores extensões de território e sua fabricação um menor volume de recursos naturais. Essa tecnologia ainda privilegia a integração das usinas termossolares com o meio ambiente na medida em que a sombra de seus painéis propicia o cultivo daquelas lavouras mais suscetíveis aos elevados índices de radiação solar (DLR, 2007).

A aposta nas tecnologias CSP enquanto parte da solução para a questão hídrica no Oriente Médio e Norte da África levantou, entretanto, um suposto paradoxo. Alegou-se que as necessidades de resfriamento características do funcionamento das usinas termossolares, com o fato de que os refletores devem estar sempre limpos para que o sistema alcance sua máxima eficiência, demandariam um volume de água grande o bastante para tornar o projeto incompatível com a realidade da escassez local. Assim, como resolver a falta de água com uma tecnologia que se baseia no uso intensivo da água? Ora, os portadores do “conceito Desertec” argumentaram que essas críticas revelam um desconhecimento das variações de recursos associáveis às tecnologias termossolares (TRIEB *et al.*, 2009). Com efeito, o resfriamento pode ser efetuado por

ar comprimido, ao passo que a limpeza dos refletores pode ser realizada “a seco” ou com água do mar. Tais mecanismos alternativos exigiriam um maior consumo energético, algo que não constituiria um obstáculo intransponível, tendo em vista a abundância de irradiação solar que pode ser captada no deserto do Saara, por exemplo.

Aliás, a preocupação com a dimensão ambiental levou os cientistas do DLR a incluir em sua pesquisa um estudo sobre os impactos decorrentes dos processos de dessalinização. Com base na técnica de “análise do ciclo de vida” – que procura examinar as consequências sobre a natureza desde a construção até o funcionamento e desativação das usinas de dessalinização – procurou-se identificar tanto os vetores de degradação ambiental como as possíveis iniciativas de mitigação desses impactos. “A análise mostrou que os impactos da operação de usinas convencionais podem ser reduzidos em quase 99% com o uso de energia solar, uma vez que eles são primordialmente causados pelo uso de combustíveis [fósseis]” [(DLR, 2007, p. 11), tradução minha].

No entanto, mesmo que a fonte de energia nesse caso poupe o meio ambiente da emissão de carbono, a própria dessalinização da água do mar recorre a procedimentos que acarretam certos impactos locais. Em primeiro lugar, a sucção da água resulta na absorção de organismos aquáticos, algo que pode afetar em maior ou menor grau a fauna marinha dependendo da velocidade e do volume de água sorvido pela usina. Além disso, o pré-tratamento da água costuma ser feito com aditivos químicos destinados a evitar corrosões e formação de limo na rede de tubos da usina. Cloro e outros biocidas utilizados na dessalinização constituem dejetos que, a partir de um determinado nível de concentração, também repercutirão negativamente sobre as populações marinhas. Por último, o descarte do sal ao fim do processo aumenta o grau de salinidade do ambiente aquático, perturbando o ciclo de vida das espécies mais sensíveis.

O uso de aditivos químicos e biocidas não deve, porém, ser encarado como um procedimento inexorável. A pré-filtragem pode ser aperfeiçoada aplicando-se dispositivos de nanofiltragem que retêm as partículas e organismos diminutos, tornando prescindível a utilização de substâncias químicas para o tratamento prévio da água. O ônus desse recurso consiste em uma maior demanda por energia, mas, visto que a energia termossolar figura como uma alternativa limpa e renovável, a nanofiltragem ofereceria uma alternativa viável para mitigar os efeitos da dessalinização (LATTEMANN; HÖPNER, 2008). Já o aumento do grau de salinidade das águas onde os resíduos são descartados pode ser contornado de maneira racional, inclusive aliando-se a preocupação ambiental com vantagens econômicas. Em vez de tratar o sal como dejetos, as companhias de dessalinização podem revendê-lo como matéria-prima para indústrias de ração animal, compostos químicos e farmacêuticos.

Além das iniciativas mitigatórias apresentadas, recomenda-se fortemente que se realize um minucioso estudo de impacto ambiental previamente à seleção da área em que uma usina será erigida. A escolha do lugar deve levar em consideração a diversidade da vida marinha e a presença de espécies ameaçadas, sendo preferíveis aquelas porções da costa onde o relevo e o movimento das marés facilitem a diluição do sal ou de qualquer outro composto que venha a ser descartado ao final do processo de dessalinização.

Em suma, a realização de um estudo de impacto ambiental que anteceda a instalação do complexo de dessalinização constitui um passo decisivo para que o processo se efetue de maneira sustentável. Contudo, o documento que o Banco Mundial dedicou à questão hídrica no Oriente Médio e Norte da África desconsidera esse imperativo, na medida em que a análise das condições ambientais locais é apresentada como uma etapa posterior à definição do local de construção de cada usina. “Como procedimento-padrão ótimo, uma vez que o lugar tenha sido identificado, é essencial que se conduza um detalhado estudo de impacto para se identificar e avaliar os efeitos ambientais (...) das usinas de dessalinização e energia renovável” [(WORLD BANK, 2012, p. 122), tradução e grifos nossos].

Embora transvestida de preocupação ambiental, essa formulação revela uma hierarquia de prioridades segundo a qual o momento decisório tem como linha mestra os fatores de ordem econômica. Ao invés de um imbricamento das racionalidades econômica e ecológica, percebe-se que a efetividade das medidas ambientais depende em grande medida de sua compatibilidade com os pressupostos da lógica financeira. Em uma palavra, a racionalidade ecológica não se desdobra consoante suas exigências intrínsecas, assumindo, pelo contrário, um papel coadjuvante e subordinado.

5 CONCLUSÃO

Um dos impactos mais severos das mudanças climáticas para o Oriente Médio e Norte da África consiste no agravamento da situação de stress hídrico. Com efeito, estima-se que o aumento das temperaturas médias provocará maior ressecamento do solo e da vegetação, com uma elevação da demanda evapotranspirativa. O volume dos rios ao sul do Mediterrâneo poderá ser reduzido em mais de 50% (SADOFF; MULLER, 2010) e, dessa forma, acirrar os conflitos hidropolíticos daquela região.

Em vista desse cenário, discutimos a importância de medidas racionais abrangentes para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos, como a redução das perdas físicas, adoção das melhores práticas agrícolas, seleção de cultivos com base na noção de “eficiência alocativa”, tratamento apropriado dos dejetos industriais e aproveitamento da água de reúso. Contudo, nosso foco centrou-se na discussão do papel complementar da dessalinização da água do mar para o asseguramento da segurança hídrica ao sul do Mediterrâneo, com base no estudo de viabilidade realizado pelo Centro Aeroespacial Alemão (2007).

Em vista dos impactos relativos às mudanças climáticas e dos prognósticos socioeconômicos – aumento demográfico, urbanização e industrialização na maioria dos países do Norte da África e Oriente Médio –, o relatório “ACQUA-CSP” concluiu que a dessalinização da água do mar apareceria como uma medida imprescindível para o equacionamento da segurança hídrica. A alternativa para os gestores de políticas públicas consistiria, portanto, em garantir que a energia necessária para os processos de dessalinização fosse obtida por meio de tecnologias sustentáveis, em particular de usinas termossolares, dados os níveis privilegiados de irradiação solar nos desertos daquela região.

Porém, mesmo tendo apresentado o relatório “ACQUA-CSP” sob uma ótica positiva, nossas considerações finais colocam em relevo as limitações da abordagem desenvolvida pelo Centro Aeroespacial Alemão em função de seu viés estritamente técnico. As soluções de engenharia e infraestrutura são de vital importância para a garantia da segurança hídrica, mas esta depende igualmente do estabelecimento de instituições democráticas capazes de mediar os conflitos e as concessões relativas à alocação da água. Assim, embora o estudo em questão supere a escala nacional em busca de uma solução regional e transfronteiriça para a escassez, sua agenda para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos é exclusivamente definida pelos experts (HABERMAS, 1969).

Além disso, o uso da energia termossolar contribui significativamente para a mitigação dos impactos ambientais do processo de dessalinização, mas não os elimina totalmente. Por essa razão, a dessalinização, mesmo quando realizada em larga escala, não equivale a uma superação absoluta do paradigma da escassez. Ainda que as soluções de engenharia por vezes alarguem os “limites do crescimento”, elas não estão em condições de rompê-los por completo, de modo que se fazem necessárias instituições políticas democráticas que estabeleçam os objetivos prioritários e os trade-offs relativos ao uso da água.

AGRADECIMENTO

Este artigo é resultado de uma pesquisa que conta com o auxílio da Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (Fapesp).

REFERÊNCIAS

BAKIR, H. Sustainable wastewater management for small communities in the Middle East and North Africa. **Journal of Environmental Management**, v. 61, p. 319-28, 2001.

ÇARKOGLU, A.; EDER, M. Domestic Concerns and the Water Conflict over the Euphrates-Tigris River Basin. **Middle Eastern Studies**, v. 37, p. 41-71, 2001.

CENTRE FOR ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT FOR THE ARAB REGION AND EUROPE. **Water Conflicts and Conflict Management Mechanisms in the Middle East and North Africa Region**. CEDARE, 2006.

COOK, C.; BAKKER, K. Water security: Debating an emerging paradigm. **Global Environmental Changes**, v. 22, p. 94-102, 2012.

DAMERAU, K. *et al.* Costs of reducing water use of concentrating solar power to sustainable levels: Scenarios for North Africa. **Energy Policy**, v. 39: p. 4391-98, 2011.

DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT – UND RAUMFAHRT/DLR. **Concentrating Solar Power for Seawater Desalination (AQUA-CSP)**. Stuttgart: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2007.

_____. **Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region (MED-CSP)**. Stuttgart: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2005.

DROOGERS, P. *et al.* Water resources trends in Middle East and North Africa towards 2050. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 16, p. 1-14, 2012.

ELIMELECH, M.; PHILLIP, W. The future of seawater desalination: Energy, technology and the environment. **Science**, v. 333, p. 712-17, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS/FAO. **Review of World Water Resources by Country**. FAO, 2003.

GLEICK, P. **Water in Crisis: a Guide to the World's Fresh Water Resources**. New York: Oxford University Press, 1993.

_____. Water, War and Peace in the Middle East. **Environment**, v. 36, p. 6-42, 1994.

HABERMAS, J. **Technik und Wissenschaft als "Ideologie"**. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, 1969.

HARDIN, G. The Tragedy of the Commons. **Science**, New Series, v. 162, p. 1243-48, 1968.

HE, T.; YAN, L. Application of alternative energy integration technology in seawater desalination. **Desalination**, v. 249, p. 104-8, 2009.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Technology Roadmap: Concentrating Solar Power**. Paris: OECD/IEA, 2010.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE/IPCC. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the International Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

JOBSON, S. **Water stressed regions: The Middle East and Southern Africa – Global solutions**. University of London, 1999.

KISER, S. **Water: The Hydraulic parameter of conflict in Middle East and North Africa**. Colorado: USAF Institute for National Security Studies, 2000.

LAMEI, A.; ZAAG, P.; MÜNCH, E. Impact of solar energy cost on water production cost of seawater desalination plants in Egypt. **Energy Policy**, v. 36, p. 1748-56, 2008.

LATTEMANN, S.; HÖPNER, T. Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. **Desalination**, v. 220, p. 1-15, 2008.

LINDEMANN, J. H. Wind and solar powered seawater desalination. Applied solutions for the Mediterranean, Middle East and Gulf Countries. **Desalination**, v. 168, p. 73-80, 2004.

LONERGAN, S. Environment and society in the Middle East: conflicts over water, In: REDCLIFT, M.; WOODGATE, G. (org.). **The International Handbook of Environmental Sociology**. Cheltenham: Edward Elgar, 1997.

MEISEN, P. **A Study of Very Large Solar Desert Systems with the Requirements and Benefits to those Nations Having High Solar irradiation Potential**. San Diego: Global Energy Network Institute, 2006.

SADOFF, C.; MULLER, M. **La gestión del agua, la seguridad hídrica y la adaptación al cambio climático: Efectos anticipados y respuestas esenciales**. Global Water Partnership, n. 14, 2010.

SANDERS, R. Water desalting and the Middle East peace process. , v. 31, p. 94-9, 2008.

TRIEB, F. *et al.* Combined solar power and desalination plants for the Mediterranean region – sustainable energy supply using large-scale solar thermal power plants. **Desalination**, v. 153, p. 39-46, 2002.

TRIEB, F.; NOKRASCHY, H. El. **Concentrating Solar Power for Seawater Desalination**. Alexandria: Twelfth International Water Technology Conference, 2008.

TRIEB, F. *et al.* **Clean Power from Deserts: the Desertec Concept for Energy, Water and Climate Security** (Whitebook). Bonn: Protext Verlag, 2009.

UNITED NATIONS/UN. **World Population Prospects – The 2012 Revision, Volume I: Comprehensive Tables**. New York: Department of Economic and Social Affairs, 2013.

VAN BEEK, E.; ARRIENS, W. L. **Water security: Putting the concept into practice**. Global Water Partnership, n. 20, 2014.

WOLF, A. T. **Hydropolitics along the Jordan River: Scarce water and its impact on the Arab-Israeli conflict**. Tokyo: United Nations University Press, 1995.

WORLD BANK/WB. **Renewable Energy Desalination: An Emerging Solution to Close the Water Gap in the Middle East and North Africa**. Washington D. C.: World Bank, 2012.

NOTAS

¹ A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) avalia que uma disponibilidade anual per capita inferior a 1000 metros cúbicos de água impõe sérias barreiras ao desenvolvimento socioeconômico e à sustentabilidade ambiental de uma nação. Na realidade, mesmo uma quantidade duas vezes superior a esse limite ainda pode ser vista como um fator potencialmente restritivo, capaz de acentuar vulnerabilidades e catalisar tensões sociais (FAO, 2003).

² “Água fóssil” ou “paleoágua” são termos que dizem respeito aos aquíferos cujos reservatórios formaram-se ao longo de milhares ou mesmo milhões de anos. Em razão de mudanças geológicas que vedam os reservatórios, praticamente não existe reabastecimento pela precipitação. A “água fóssil” é, portanto, considerada um recurso finito, visto que sua renovação demanda um período muito superior à escala do tempo humano.

³ A disputa veio à tona em 1997, depois que o governo liberou verbas para que o vilarejo de Quradah reabilitasse seu sistema de abastecimento de água. Esse sistema era alimentado por fontes situadas em Quradah, mas a água era escoada para um tanque coletor localizado nas imediações de uma fonte pertencente ao vilarejo de Al-Marzooch. Temendo que o projeto compromettesse o fluxo de água dessa fonte, os habitantes de Al-Marzooch explodiram uma parte da obra. A polícia interveio com a prisão de suspeitos eo governador ordenou a continuidade das instalações, mas novas explosões foram levadas a cabo, e o envio do exército que se seguiu a elas somente aumentou o nível de tensão entre as partes. Uma disputa judicial transcorreu paralelamente aos embates físicos e, ao final desse processo, tanto os habitantes de Quradah como de Al-Marzooch concordaram com a construção de um tanque coletivo no qual os primeiro seriam autorizados a instalar um cano de quatro polegadas e os segundos um cano de duas polegadas, com redução proporcional no consumo de ambos em caso de racionamento (CEDARE, 2006).

⁴ “A parcela rural da população no conjunto dos países do Oriente Médio e Norte da África corresponde hoje a 41%. A população rural provavelmente estagnar-se-á nas próximas décadas e, desse modo, sua participação no total cairá para 23% em 2050” [(DLR, 2007, p.73), tradução nossa].

⁵ Os israelenses passaram a adotar essa estratégia em virtude das fortes secas que criaram uma situação de emergência no começo da década de 1980. Calcula-se que a economia de recursos hídricos no setor agrícola tenha sido de 60% entre 1984 e 1991 (JOBSON, 1999).

⁶ As usinas de dessalinização que funcionam de acordo com o método de “osmose reversa” consomem entre 3 e 4 Kwh/m³ e emitem aproximadamente 1,8 kg de CO₂ por metro cúbico de água dessalinizada (ELIMELECH; PHILLIP, 2011).

⁷ No que diz respeito à utilização do espaço, contudo, o sistema CSP/RO possui maior flexibilidade que o sistema CSP/MED. Por demandar apenas eletricidade, a dessalinização via osmose reversa não precisa estar acoplada diretamente à usina termossolar, bastando sua conexão ao grid. No caso da modalidade CSP/MED, não apenas o complexo de dessalinização, mas também a usina termossolar devem necessariamente localizar-se na região costeira (LETTEMANN; HOPNER, 2008).